

Jerzy Zieliński¹

Techniczne i psychofizyczne problemy zobrazowań wirtualnych

Pierwsze badania nad nowymi, możliwie wiernie odtwarzającymi rzeczywistość systemami zobrazowania finansowane były przez lotnictwo, które potrzebowało nowych rozwiązań dla systemów treningowych. Jednocześnie w samolotach wojskowych pojawiający się problem zobrazowania w czasie lotu – kiedy to jednocześnie obserwację przez pilota wielu przyrządów: radaru, otoczenia, celu – rozwiązano, zastępując jednym kompilowanym przez komputer obrazem. Równocześnie najtańsze i najprostsze wersje rozwiązań VR zaczęto stosować masowo w coraz bardziej zaawansowanych grach komputerowych.

Obecnie rynek zapotrzebowań na systemy VR (*virtual reality*) jest bardzo duży i obejmuje m.in. medycynę, reklamę, architekturę i projektowanie wnętrz, nauczanie, rozrywkę, gry, technologię – zwłaszcza na etapie opracowania nowych konstrukcji – symulacje i telewizję.

500,0 7

Ryc. 1. Wykorzystanie systemów hełmofonowych na sali operacyjnej i przez pilotów wojskowych – przykłady

¹ Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Instytut Techniki.

Wymagania na układy zobrazowania „wirtualnej rzeczywistości”

Aby jednoznacznie rozumieć, co mamy na myśli, posługując się stwierdzeniem „wirtualna rzeczywistość” (VR), musimy to pojęcie – mimo jego ciągłych zmian i modyfikacji – określić i zdefiniować. Jak podał R. Holmes [1] w 1997 roku:

Wirtualna rzeczywistość jest matematycznie skonstruowanym, generowanym komputerowo trójwymiarowym obrazem, składającym się z modelu geometrycznego i otaczającego środowiska z tym wszystkim, co użytkownik może odebrać w rzeczywistym czasie (10 klatek na sekundę lub szybciej).

Jest to więc swoista komputerowa „stop-klatka” otoczenia. Typowe cechy VR zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Cechy charakterystyczne wirtualnej rzeczywistości (VR)

1.	Zobrazowanie trójwymiarowe
2.	100% interakcyjności
3.	Wejście do innego świata („zanurzenie”)
4.	Korzystanie z wielu źródeł (detektorów) (obraz, dotyk, słuch)

Już z tego krótkiego zestawienia widać, z jak złożonym problemem mamy do czynienia. Zobrazowanie VR obejmuje bowiem całą gamę zastosowań – od bardzo złożonych i widowiskowych gier komputerowych, poprzez różnego rodzaju trenery, np. do szkolenia pilotów samolotów pasażerskich, układy do symulacji „trójwymiarowych”, a skończywszy na systemach hełmofonowych wykorzystywanych przez pilotów wojskowych.

Przedmiotem niniejszej pracy są tzw. systemy immersyjne, czyli całkowicie „odcinające” obserwatora od otoczenia. Są to systemy uwalniające operatora sprzętu od konieczności jednoczesnej obserwacji wielu obiektów (ekranów) i wykonywania jakościowo różnych czynności, jak słuchanie, patrzenie, ruch dźwigni, pokręteł. Jednocześnie, montując displej w okularach hełmu, mamy możliwość uzyskania obrazu stereoskopowego, bez konieczności sztywnego usadzenia operatora. Oczywiście ten „komfort” jest okupiony komplikacją budowy hełmu.

Dodatkowo musimy zauważyć, że w miarę realne odtworzenie obrazu otaczającego świata – wykorzystujące w pełni możliwości naszego wzroku – jest możliwe dopiero przy wykorzystaniu displeja o rozdzielczości 4800x3800 pikseli (osobnych punktów obrazu) [2]. W chwili obecnej nawet monitory telewizji HD (wysokiej rozdzielczości) nie dysponują takimi rozdzielczościami.

Czynniki fizjologiczne w zobrazowaniach VR

Systemy VR „współpracują” z naszym najważniejszym organem, a mianowicie mózgiem. Współpraca ta odbywa się za pośrednictwem innego bardzo ważnego organu – zmysłu wzroku. W systemach VR obraz „widziany przez mózg” jest tak naprawdę złożeniem „sztucznie generowanych” obrazów i nie znajduje on

odbicia w odczuciach innych zmysłów, w tym zmysłu równowagi. Siedząc wygodnie w nieruchomym fotelu, możemy zatem widzieć, że jedziemy „kolejką górską” lub skoczyliśmy w przepaść. Takie stany nie są obojętne dla organizmu i u znacznej grupy obserwatorów mogą wywołać np. chorobę lokomocyjną lub epilepsję. Dodatkowo na te negatywne reakcje organizmu mają wpływ migotanie obrazu, jego nierównomierna jasność, błyski punktów adresowanych itp.

Epilepsja jest poważnym problemem wśród korzystających dłużej z VR, bowiem mimo że tylko 0,5% społeczeństwa cierpi na aktywną postać tej choroby (padaczka, epilepsja), to 5% miewa pojedyncze ataki w przypadku, gdy zostanie odizolowana od otoczenia. Niestety jednym z dodatkowych czynników pobudzających niekorzystnie organizm jest „migotanie” obrazu właściwe dla pracy części displejów (np. CRT). Migotanie obrazu jest czynnikiem zdecydowanie niekorzystnym – przy czym krańcowo niekorzystne jest migotanie o częstotliwości $7\div 30$ Hz [3]. Stąd tendencja do wykorzystywania innych wyświetlaczy, np. LCD.

Kolejnym negatywnym skutkiem korzystania z VR może być choroba lokomocyjna. Objawy, takie jak nudności, wymioty czy dezorientacja pojawiły się u pierwszych pilotów trenujących na trenażerach i były opisane już w połowie lat 50. Przyczyny są analogiczne, jak opisane powyżej i wynikają z istoty sposobu zobrazowania. Najogólniej, przyczyną choroby lokomocyjnej jest brak stopniowej adaptacji organizmu (mózgu) do nowych warunków. Zakładamy „okulary” i natychmiast zmieniają się docierające do nas bodźce. Jednocześnie nie zawsze bodźce odbierane przez wzrok są zgodne z odbieranymi przez inne zmysły – np. za pośrednictwem wzroku odbieramy gwałtowny skręt, zjazd lub wznoszenie się, ale pozostałe zmysły nie odbierają bodźców, do których w takim przypadku jest przyzwyczajony organizm. Zjawiskom tym towarzyszy znaczne ograniczenie pola widzenia w stosunku do tego, do którego jesteśmy przyzwyczajeni [4].

Niezależnie od tych objawów chorobowych, u osób często korzystających z systemów VR może nastąpić swoista akomodacja (konwergencja) mózgu do innego widzenia świata.

Problemy akomodacji i konwergencji wynikają z zasadniczej różnicy odbioru obrazu trójwymiarowego w rzeczywistości i jego „złudzenia” realizowanego w systemie komputer–displej. W systemie generowane są dwa obrazy płaskie, których złożenie ma dać złudzenie (i tylko złudzenie) widzenia przestrzennego. W praktyce więc oszukujemy nasz mózg, który dodatkowo podświadomie rejestruje przechodzące z częstotliwością $1\div 8$ Hz pionowe lub poziome paski będące skutkiem adresowania wyświetlacza.

Podsumowując, droga (sposób) uzyskania obrazu przestrzennego w systemie na tyle znacząco różni się od normalnej fizjologii widzenia, że musi to powodować reakcję organizmu obserwatora [5]. Techniczne elementy służące zobrazowaniu, poza oczywistymi wymaganiami dotyczącymi jakości (kontrast, paleta barw, dynamika przełączeń itp.), powinny zatem w możliwie dużym stopniu eliminować sygnalizowane problemy fizjologiczne odbioru obrazu.

Techniczne rozwiązania displejów stosowanych w systemach „wirtualnej rzeczywistości”

Lampy elektronopromieniowe (CRT)

W immersyjnych systemach VR wcześniejszych generacji najczęściej stosowane były lampy CRT. Te najlepiej dopracowane i poznane typy displejów – dające obecnie najwierniejsze odtworzenie kolorów – w tych konkretnych zastosowaniach wykazują dużo wad praktycznie niemożliwych do usunięcia, bo wynikających z fizycznej istoty wykorzystanego w CRT efektu.

Lampa taka emituje pole magnetyczne, które może wpływać niekorzystnie zarówno na obserwatora ubranego w hełm, jak i na otaczające go sensory (czujniki) położenia głowy. Poza tym lampa wydziela pewne ilości ciepła, co skutkuje niekorzystnym ogrzaniem głowy obserwatora. Przytychwyżejwymienionychbezpośrednich skutkach, pozostałe pośrednie wynikające z wagi, wymiarów geometrycznych (a zwłaszcza głębokości) czy konieczności doprowadzenia do hełmu wysokiego napięcia są już mało istotne.

Wydzielane szkodliwe promieniowanie X, które jeszcze kilka lat temu stanowiło bardzo poważny problem, dzisiaj w dobie powszechnego wykorzystania monitorów o niskiej emisji [1] jest już na granicy akceptowalnej przez odbiorcę.

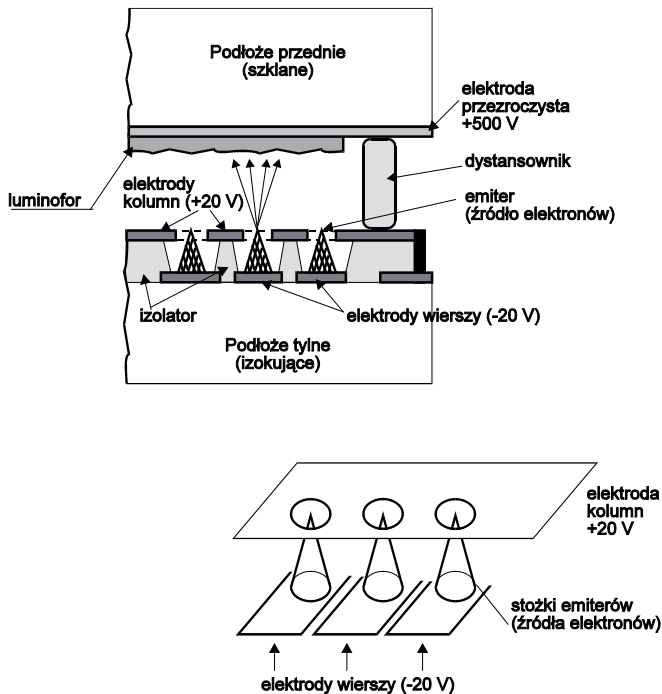
Podsumowując te właściwości monitorów CRT i dodając niewątpliwe zalety, do których należy możliwość uzyskania rozdzielczości -1000 linii/cal i stosunkowo niska cena, możemy stwierdzić, że displeje CRT w zastosowaniach do systemów hełmofonowych (HMD) spełniają postawione cele zaledwie w stopniu zadawalającym.

Displeje bazujące na emisji polowej – płaskie lampy kineskopowe FED

Walka z ewidentnymi wadami wyświetlaczy CRT, takimi jak waga, objętość, ciężar, trwały bardzo długo i dopiero koncepcja wykorzystania jako źródła elektronów adresowanej matrycowo wielopunktowej katody zaowocował opracowaniem modeli możliwych do praktycznego wdrożenia i produkcji. Displeje takie nazwane FED = *Field Emissive Display* (displeje bazujące na emisji „zimnych” elektronów pod wpływem pola elektrycznego), są, ogólnie patrząc, zbudowane w sposób przedstawiony na rysunku 1 [6].

Zimne katody w postaci igieł (stożków) metalicznych lub monokrystalicznych są umieszczone na dolnym podłożu. Napięcie adresujące przyłożone pomiędzy elektrodą wiersza i kolumny jest wystarczające do wywołania emisji elektronów z ostrza katody. Następnie elektrony te są przyspieszane w polu elektrycznym i docierają do warstwy luminoforu [1, 2].

Technologia ta jest na tyle ciekawa i obiecująca, że specjaliści sądzą, że w krótkim czasie ma szansę zastąpić, przynajmniej częściowo klasyczne objętościowe lampy elektronopromieniowe CRT. W tabeli 2 zestawiono zalety obu tych grup displejów klasycznego CRT i dodatkowe zalety płaskiego FED.



Ryc. 2. Schemat budowy dysплея FED

Tab. 2. Cechy dysплея FED

Właściwości dysплея CRT	Dodatkowe zalety płaskiego FED
<ul style="list-style-type: none"> - pełna gama kolorów - pełna gama stopni szarości - wysoka jasność - szybka zmiana obrazu umożliwiająca odtwarzanie video - szeroki kąt widzenia obrazu - szeroki zakres temperatur i wilgotności 	<ul style="list-style-type: none"> - cienkość i mała waga - dobra liniowość - brak szkodliwych pól magnetycznych - brak szkodliwego promieniowania X

Dodatkowo ekrany FED mają szansę być lekkie, zwarte konstrukcyjnie i mogą być zasilane mniejszymi napięciami i prądami, jak klasyczne lampy elektropromieniowe.

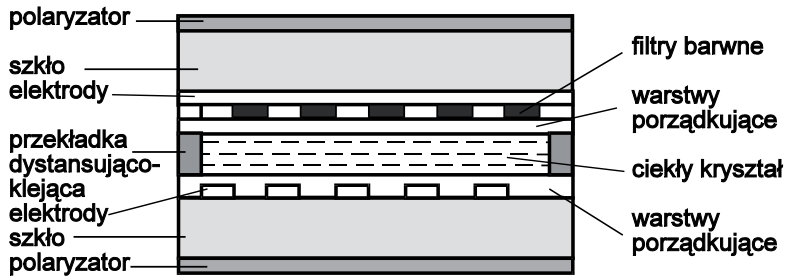
Natomiast do pełnego rozwiązania problemu wielkoseryjnej produkcji tego typu wyświetlaczy pozostało jeszcze:

- opracowanie technologii fotolitografii o dokładności lepszej od 1 μm na dużych powierzchniach,
- opanowanie wydajnej i taniej technologii półprzewodnikowej na dużej powierzchni,
- zwiększenie gęstości ostrzy emitujących elektrony (budowa, materiał, technologia),
- opracowanie nowych materiałów luminoforów, wydajnych przy pobudzeniu niskonapięciowym.

Displeje ciekłokrystaliczne

Displeje – wyświetlacze ciekłokrystaliczne – od początku lat 90. opanowują coraz to nowe dziedziny zastosowań. Dzisiaj normalnym widokiem są kilkudziesięciocalowe monitory HDTV.

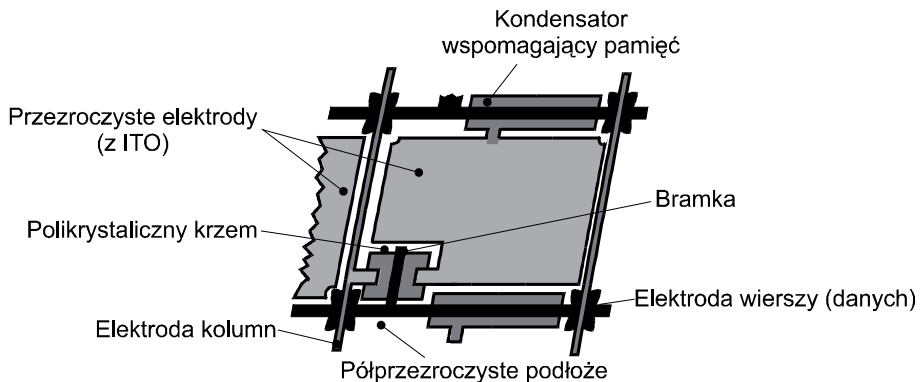
Typowy przetwornik ciekłokrystaliczny jest przedstawiony na rycinie 2.



Ryc. 3. Schemat budowy typowego wyświetlacza ciekłokrystalicznego

Jak widać, jego budowa jest stosunkowo prosta, zwarta konstrukcyjnie, a co najważniejsze wyświetlacz jest cienki i lekki. Grubość jego jest praktycznie równa grubości użytego na podłoża szkła, pozostałe warstwy mają bowiem w sumie mniej niż 10 μm grubości [7].

Niestety w wyświetlaczach graficznych tak proste rozwiązania – ze względu na łagodną statyczną charakterystykę elektrooptyczną i długie czasy przełączania (5–15ms) – nie są wystarczające. Adresowanie wyświetlaczy graficznych jest możliwe tylko za pomocą tzw. „matrycy aktywnej”, czyli wbudowanego w wyświetlacz układu adresującego każdy punkt. Schemat takiego układu dla jednego punktu obrazu przedstawiono na rycinie 3.



Ryc. 4. Schemat budowy wyświetlacza AM LCD – jeden punkt obrazu.

Adresowanie matrycy tranzystorów odbywa się zatem z szybkością właściwą dla układów elektronicznych (μs –ns), a układ tranzystora adresuje warstwę ciekłego kryształu w optymalny dla jej własności sposób. Warstwa ciekłego kryształu staje się jednym z „elementów” tranzystora, powoduje to konieczność zachowania

stabilnych parametrów co najmniej przez 100 000 godzin, co dla mieszanin związków organicznych nie jest sprawą banalną [8].

W systemach VR dodatkowo pojawia się problem dużego obszaru, na którym nie ma elektrody. Typowa apertura wyświetlacza adresowanego matrycą aktywną (czyli stosunek powierzchni czynnej piksela do całej powierzchni) wynosi 40–60%.

Stosowane w systemach VR wyświetlacze bazują na typowych technologiach stosowanych do wykonania mikrodysplejów ciekłokrystalicznych, a są to technologie krzemu amorficznego lub polikrystalicznego. W tych systemach nie wykorzystuje się praktycznie przetworników na monokrystalicznym krzemie.

Obecnie najczęściej wykorzystywaną technologią w dysplejach dostępnych na rynku jest technologia polikrystalicznego krzemu. Najogólniej patrząc, w tej technologii podłoże z adresującymi układami jest wykonywane klasycznymi technologiami układów scalonych na płytkach krzemowych o średnicy 6 lub 8 cali.

Kolejnym bardzo obiecującym kierunkiem badań jest opracowanie technologii niskotemperaturowego krzemu polimorficznego (LTFS = *Low Temperature – Polysilicon AMLCD*), umożliwiającej wykonanie warstw, a zatem również struktur na podłożach szklanych o wymiarach 400x500 mm. Pozwala to na znaczne obniżenie ceny przetwornika przy zachowaniu dobrych parametrów elektrycznych. Dominującą natomiast obecnie technologią są dyspleje realizowane na podstawie wysokotemperaturowej technologii krzemu. Oferują one w pełni kolorowy obraz o wysokim kontraście i dużej dynamice zmian, a jednocześnie zadowolają się napięciami zasilającymi i adresującymi rzędu 5–8 V i bardzo małym poborem mocy. Jednocześnie dysplej taki jest płaski i lekki, a obraz nie płynie (jest *flicker-free*). Dodając zatem do tego niskie koszty produkcji, dyspleje AM TFTLCD niewątpliwie należą do czołówki nowych płaskich wyświetlaczy, które mogą być wykorzystywane w immersyjnych systemach VR [9].

Displeje elektroluminescencyjne

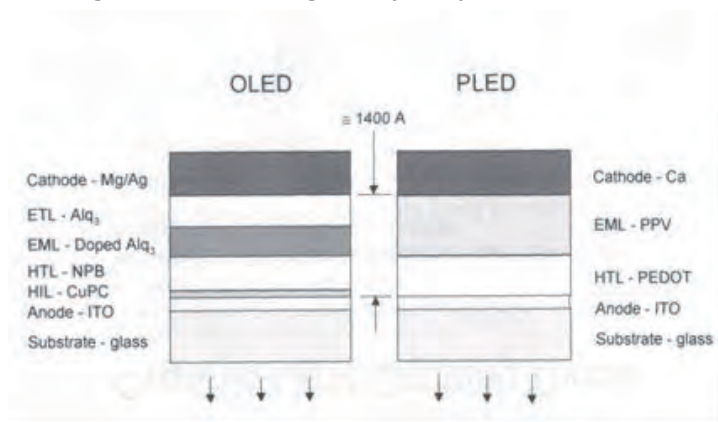
Displeje elektroluminescencyjne za sprawą wprowadzenia na rynek wyświetlaczy bazujących na materiałach organicznych przeżywają drugą młodość i gdyby nie ciągle ograniczony czas ich pracy, już dziś stanowiłyby realne zagrożenie dla wyświetlaczy ciekłokrystalicznych. Ogólnie rzecz ujmując, zjawisko elektroluminescencji polega na zamianie zimnej (nietermicznej) energii elektrycznej na energię promieniowania.

Dzisiaj, poza już ustabilizowanymi na rynku wyświetlaczami opartymi na warstwach nieorganicznych [10] coraz częściej pojawiają się dyspleje elektroluminescencyjne realizowane na podstawie warstw organicznych. Są one realizowane dzięki przetwornikom z tak zwanymi warstwami organicznymi (OLED) lub polimerowymi (PLED).

Oba typy przetworników LED, zarówno organiczne LED'y (OLEDs), jak i polimerowe LED'y (PLEDs) są zbudowane i działają na podstawie takich samych podstaw fizycznych. Ich budowa została schematycznie przedstawiona na rycinie 4. W obu przypadkach występuje elektroda ITO, która ze względu na wysoką wartość pracy wyjścia jest dobrym emiterym dziur, katoda jest metaliczna i pełni rolę emitery elektronów. Również w obu przypadkach właściwa „aktywna” warstwa z materiału organicznego ma około 140 nm. Bardziej złożona jest struktura OLED.

W tym przypadku pierwszą warstwą nałożoną na elektrodę ITO jest cienka (15–20 nm) warstwa buforująca lub wstrzykująca dziury, kolejna o grubości 50–60 nm spełniała rolę warstwy transportującej dziury. Właściwa warstwa emitująca ma grubość 35–40 nm i jest wykonana z Alq_3 domieszkowanego organicznym barwnikiem. Następną warstwą wykonaną z niedomieszkowanego Alq_3 o grubości 35–40 nm jest wykorzystywana jako transportująca elektrony i buforująca – izolująca warstwę emitującą do metalicznej katody.

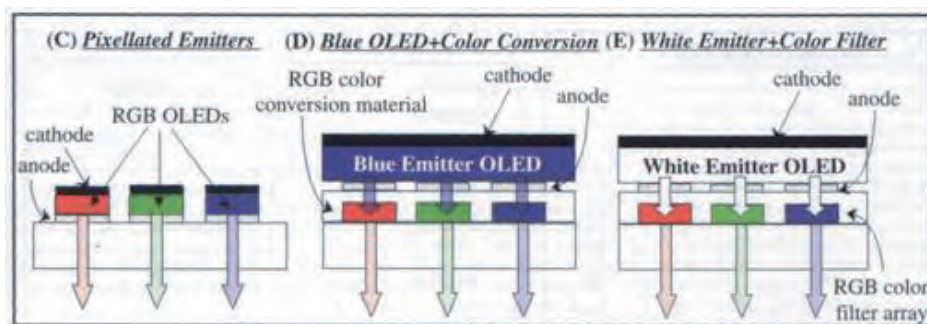
Struktura PLED jest prostsza i ogólnie patrząc, składa się z dwóch warstw organicznych nałożonych na elektrody ITO: pierwszej, spełniającej rolę transportera dziur, oraz drugiej, PPV, formowanej na drodze polimeryzacji. Również w tym przypadku całkowita grubość warstw organicznych wynosi około 140 nm.



Ryc. 5. Budowa wyświetlaczy OLED i PLED (schemat)

Dodatkową zaletą jest stosunkowo łatwy sposób budowy wyświetlaczy barwnych. Istnieją trzy układy umożliwiające uzyskanie zobrazowania barwnego (ryc. 5):

- wykorzystanie białego emitera i filtrów,
- wykorzystanie niebieskiego emitera i warstw (barwników) reemitujących,
- wykorzystanie trzech różnych emiterów.



Ryc. 6. Schemat możliwych sposobów uzyskiwania zobrazowania barwnego w organicznych LED-ach

Rozwiązanie pierwsze jest potencjalnie proste i pozwala na wykorzystanie doświadczeń i technologii opracowanych dla displejów ciekłokrystalicznych i kamer CCD. Wadą użycia filtrów natomiast jest pochłanianie co najmniej 2/3 światła, co znacznie ogranicza jasność obrazu.

W rozwiązaniu drugim (opracowanym przez KODAK i Idemitsu Kosan) wykorzystuje się niebieski emiter, a w miejscu filtrów pojawiają się warstwy pochłaniające światło niebieskie i reemitujące odpowiednio światło zielone i czerwone.

Oczywiście najwydajniejszą techniką uzyskania obrazu barwnego jest wykorzystanie trzech niezależnych emiterów. W tym przypadku pojawia się jednak na razie nie rozwiązany problem naniesienia matrycy barwnych emiterów. Dla displejów o dużych wymiarach piksela w technologii OLED wykorzystuje się w tym celu naporowanie przez maskę, a dla displejów PLED nadruk.

Największe obecnie problemy występujące przy wykorzystywaniu OLED do budowy displejów, zwłaszcza tych o większej liczbie pikseli, jest niekompatybilność konwencjonalnej fotolitografii stosowanej dla elektrod i materiału aktywnego. W displeju mamy złożenie warstw metalicznych, półprzewodnikowych i organicznych warstw aktywnych. Tak więc najczęściej oddzielnie (w innym układzie) są wykonywane procesy fotolitografii elektrod, w innym zaś obróbka warstw organicznych.

Dodatkowe problemy to higroskopijność materiałów aktywnych i krótki (do 10 000 godzin) czas ich pracy.

Ogólne właściwości displejów VR

To, że displeje do systemów immersyjnych (hełmofonowych) muszą się różnić od tych obserwowanych z pewnej odległości, np. monitorów komputerowych lub video, jest sprawą oczywistą. Poniżej przedstawione zostaną wybrane zagadnienia dotyczące wymagań na displeje VR.

Podświetlenie jest konieczne dla displejów pasywnych (ciekłokrystalicznych). Są to płaskie panele (*flat cold cathode backlight panels*), które oferują lepsze parametry w stosunku do wcześniej wykorzystywanych miniaturowych lamp fluorescencyjnych. Pojawiają się jednak rozwiązania tańsze, cieńsze, lżejsze i mniej ogrzewające otoczenie – są to specjalne tworzywa (fotopolimery), emitujące światło o prawie białym widmie.

Rozdzielczość jest ściśle związana z ilością wyświetlanych punktów obrazu i, oczywiście, im większa rozdzielczość, tym większa dokładność odtworzenia obrazu.

W systemach VR o stosunkowo małej rozdzielczości ze względu na bardzo bliskie umieszczenie displeja przy oku, powstawaniu obrazu towarzyszy szkodliwy efekt pikselizacji. Polega on na tym, że obserwator widzi obraz punktowy, dodatkowo „skażony” rozdzielnym widzeniem poszczególnych pól barwnych. Dlatego też konieczne jest wprowadzenie dyfuzora, który by ujednorodnił obraz.

Problem dodatkowego dyfuzora zaczyna znikać w miarę wprowadzania displejów o większej rozdzielczości – oko ludzkie może bowiem rozróżnić jako różne punkty widziane pod kątem $1'30''$ (jeśli będą wyświetlane przez 50% czasu obserwacji). Pewien wpływ na poprawę odczucia odbioru obrazu może mieć również kształt punktu obrazowego. I tak, zamiast typowych kwadratowych (prostokątnych)

punktów realizowanych w klasycznych monitorach, w displejach dla hełmofonów postuluje się punkty heksagonalne, które pozornie zbliżają do siebie poszczególne punkty obrazu, likwidując szkodliwe wrażenie odczuwane przez obserwatora.

Transmisja światła od źródła do oka jest parametrem limitującym wagę i budowę całego hełmofonu. Jest to szczególnie ważne w przypadku displejów ciekłokrystalicznych, gdzie do transmisji warstwy, rozumianej jako transmisja układu polaryzator, szkło, elektrody, filtry barwne, warstwy porządkujące ciekły kryształ itd., dochodzi jeszcze znaczne zmniejszenie transmisji wynikające z zajęcia znacznej powierzchni czynnej przez nieprzeźroczystą strukturę tranzystora polowego.

W pierwszych konstrukcjach tranzystor zajmował około 60% powierzchni, co już u podstaw zmniejszało transmisję co najmniej dwukrotnie. Obecne rozwiązania zmniejszają tę powierzchnię do 25–40% (mimo jednoczesnego zmniejszenia wymiarów pojedynczego piksela).

Problem transmisji światła w sumie odbija się na trwałości przyrządu (hełmofonu), do oka musi bowiem dotrzeć określona ilość światła. Im więc mniejsza transmisja, tym mocniejsze musi być źródło. Im mocniejsze źródło, tym krótszy czas jego pracy. W krańcowym przypadku dochodzimy do czasu pracy układu oświetlającego, a zatem również całego hełmofonu, rzędu 5000–10 000 godzin.

Pole widzenia jest kolejnym parametrem charakteryzującym displej immersyjny do obserwacji wirtualnej rzeczywistości. Optymalne typowe dla człowieka pole widzenia jest w rzeczywistości zakłócone zarówno w kierunku pionowym, jak i poziomym przez wymiary samego displeja, który z reguły jest kwadratowy (lub prostokątny), oraz towarzyszące temu zniekształcenia obrazu na obrzeżach pola widzenia.

Typowe **wymiary displejów** wykorzystywanych w systemach hełmofonowych to 1–2". Displeje mniejsze od 0,5" są stanowczo za małe, aby zapewnić dobre widzenie, zwłaszcza to pseudoprzestrzenne. W tak małych displejach praktycznie nie ma możliwości uzyskania częściowego pokrycia obszarów widzenia. U dorosłego człowieka odległość źrenicy to około 63 mm i to limituje zarówno rozmieszczenie, jak i wymiar displejów.

Natomiast displeje większe od 3,5" są za duże i za ciężkie (oczywiście wraz z układem oświetlającym), aby móc je montować w hełmofonie. Również widoczny jest znaczny wzrost ceny źródeł światła, zwłaszcza tych o średnicach powyżej 2 cali.

Częstość powtarzania obrazu stosowana zwykle w telewizji to 25 obrazów na sekundę, dodatkowo podwojona przez wybór półobrazów do 50. Taka częstotliwość ze względu na długie czasy przełączenia w przypadku displejów LCD jest praktycznie nieosiągalna. Dlatego też barierę stanowi czas reakcji oka, które nie różni jako osobnych obrazów powtarzanych z częstotliwością większą od 12 Hz, czas powstawania obrazów musi być zatem krótszy od 40 ms. Omawiany wcześniej system Visette 2000 w temperaturze 25°C wykazuje czas reakcji właśnie 40 ms.

Alternatywne rozwiązania dla immersyjnych systemów VR

Omówione powyżej systemy immersyjne są w pewnym sensie najpełniejsze i najdoskonalsze. Praktycznie uniezależniają obserwatora od wpływu otoczenia. Przekazywany obraz jest niezależny od tego, czy poruszamy się w pełnym słońcu

w dzień, czy w gęstej mgłę w nocy. Ale to, co jest z jednej strony zaletą, może być jednocześnie bardzo poważną wadą.

Przykładowo: pilot samolotu ma na głowie ciężki hełm, który przy wykonywaniu manewrów z przyspieszeniami 9 g może spowodować urazy kręgosłupa, a zawsze stanowi bardzo poważne obciążenie. Poprzez całkowite odcięcie od otoczenia pilot „nie widzi” kabiny ani realnej rzeczywistości, a przekazanie wiarygodnego obrazu wymaga stosowania wielokanałowego pozyskiwania informacji, a następnie złożonego jej przetwarzania w systemach komputerowych.

Najchętniej wykorzystywana obserwacja w podczerwieni „nie widzi” linii energetycznych (groźnych dla pilotów lecących na niskich wysokościach lub dla pilotów śmigłowców), tak więc system musi być wzmocniony obserwacją radarową, a komputer – nakładać na siebie te dwa obrazy.

System hełmofonowy z całkowitym odcięciem od otoczenia – (*immersive HMD*) – nie jest zatem jedynym uniwersalnym rozwiązaniem. Dla tej grupy użytkowników, którzy nie mogą całkowicie zrezygnować z obserwacji otoczenia lub nie chcą tego robić, pojawia się ekwiwalentne rozwiązanie tak zwanych układów wzmacniających (*augmented HMD*) [11]. Charakteryzują się one tym, że displej zajmuje tylko część pola widzenia i wyświetlane na nim są tylko te informacje, których obserwator nie widzi gołym okiem. Displej ten spełnia rolę okienka informatycznego w normalnym polu widzenia.

Oczywiście biorąc pod uwagę fakt, że zobrazowywana jest informacja graficzna i alfanumeryczna, a nie obrazowa, displej może charakteryzować się mniejszą rozdzielczością, a zatem również ceną.

Podsumowanie

Przedstawione problemy wynikające z psychofizycznego oddziaływania displeja na organizm człowieka i techniczne możliwości ich pokonania stanowią o istocie rozwoju nowej technologii zobrazowań wirtualnej rzeczywistości dla potrzeb nowoczesnej techniki, medycyny i sztuki.

Jednocześnie pojawia się problem kosztów i możliwości technicznych systemów towarzyszących, które muszą z wielu źródeł informacji złożyć obraz optymalny z punktu widzenia obserwatora. Dodatkowo obraz ten, mimo że jest w pełni sztuczny (złożenie widzenia w zakresie widzialnym podczerwieni, obrazu radarowego i elektronicznych przyrządów pomiarowych), powinien możliwie nieznacznie różnić się od tego, co obserwator zwykł widzieć realnie. W zastosowaniach medycznych jest to złożenie obrazu z kilku kamer z obrazem badań diagnostycznych: rentgenowskich, USG, tomografii itp.

Bibliografia

- [1] Holmes R., *Head-mounted display technology in virtual reality systems*, [in:] *Display Systems*, Edited by L.W. Mac Donald and A.C. Lowe 1997 John WILEY & Sons Ltd.
- [2] McKenna M., Zeltzer D., *There-dimensional visual display system for virtual environments*, Presence, vol. 1 no 4, 1992
- [3] Binnie C.D., Jeavons P.M., *Photosensitivity epilepsy*, [in:] *Epileptic Syndromes in Infancy, Childhood and Adolescence*, 2nd edition, John LIBBEY, London and Pans 1992, pp. 299–305

- [4] Howarth P.A., *Virtual Reality: an occupation health hazard of the future*, paper presented at RCN Occupational Nurses Forum, Glasgow Working for Health 1994
- [5] Mon-Williams M., Wann J.P., Rushton S., *Binocular vision in a virtual world – visual deficits following the wearing of an HMD*, *Ophthalmic & Physiological Optics*, vol. 13, no 4, 1993, pp. 387–391
- [6] Blazejewski E.R. i in., *Field Emitter Displays for Future High Requirements Applications*, SPIE Coptic Displays III. Proc. of SPIE vol. 2734, 66, 1996
- [7] Żmija J. , Zieliński J., Nowinowski-Kruszelnicki E., Parka J., *Displeje ciekłokrystaliczne – fizyka, technologie, zastosowanie*, PWN, Warszawa 1993
- [8] Steemers H., *Fundamentals of Liquid Crystal Displays*, SID Short Course S-1, 1995
- [9] Zieliński J., Olifierczuk M., “Do LCD have a chance to keep a leading position on the flat panel display market”, XV Conference on Liquid Crystals, Zakopane, Polska 13–17.10.2003 r.
- [10] Żmija J., Małachowski M.J., Zieliński J., Wacławek M., *Inżynieria materiałów organicznych w elektronice*, Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia VR. 10. nr 1–2, 2005
- [11] Holzel T., *Are Head - Mounted Displays Going Anywhere*, *Information Display*, vol. 15, no 10, p. 16–18, 1999

Technical and psychophysical problems of virtual visualisations

Abstract

Independently from universally applied of TV or computer monitors in our everyday life, it more and more often one need steps out possibly faithful reproducing the image of surrounding us world on completely different level. Virtual reality (VR) systems find in technique, medicine, art and entertainment more universally use. They are more and more perfect, more faithfully reproducing reality.

To their buildings be used both the of CRT lamp the how and the flat displays as – LCD, FED, EL. Technology of their realization undergoes the continuous modification. From one side deciding improves quality, from second displays are more and more cheaper, lighter and more reliable.

During works over VR systems it appears one more very serious problem. They are this of the observer’s organism connected physiological reactions, from this that the vision “observed by brain” is the only illusion and the answering him stimuli from different senses do not reach.